

DialogIP

INVERTER DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

Publication Number: 2003-153554 (JP 2003153554 A) , May 23, 2003

Inventors:

- NAKAMURA MASAMI
- AMANO ATSUSHI
- SHIMANE IWAO
- DANJO YASUYUKI
- SAITO JUICHI
- OBE TOSHIHARU
- TADA NOBUMITSU
- SEKIYA HIRONORI

Applicants

- HONDA MOTOR CO LTD
- TOSHIBA CORP

Application Number: 2001-347876 (JP 2001347876) , November 13, 2001

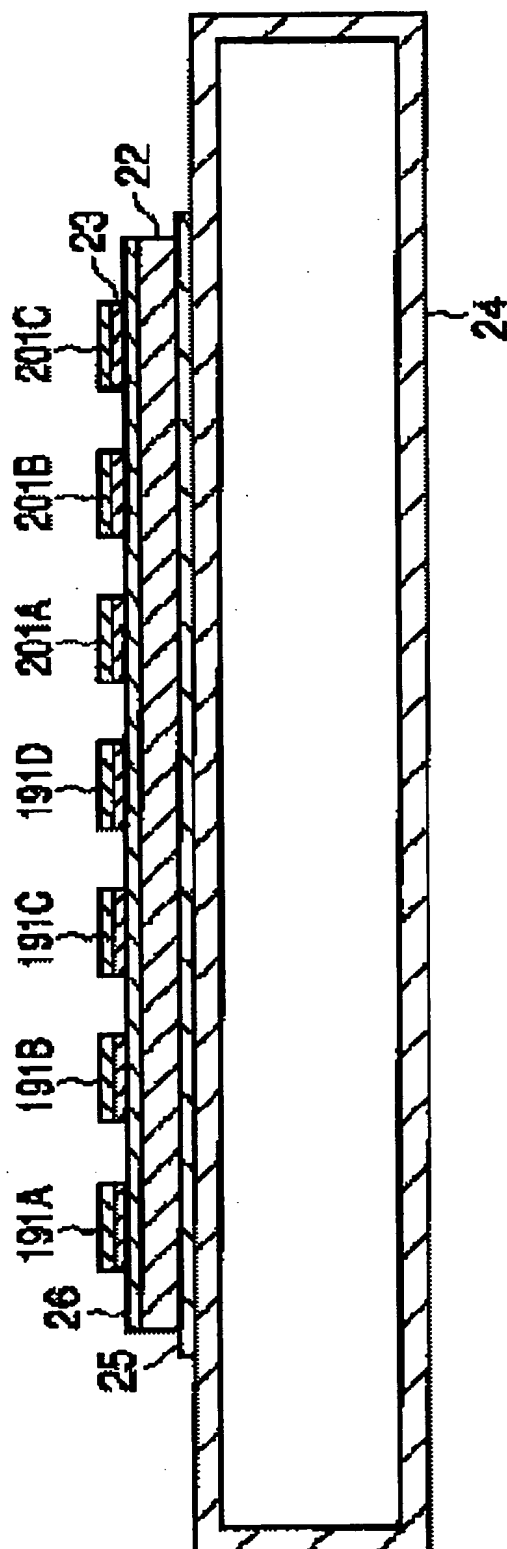
International Class:

- H02M-007/48
- H01L-023/36
- H02M-007/5387

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inverter device which can enhance the capacity of current application by raising the cooling efficiency in an inverter main circuit, and can contribute to the downsizing and also can exhibit high reliability. **SOLUTION:** In an inverter device where the main circuit of a three-phase inverter having a plurality of arms is composed of a plurality of semiconductor chips for power, one arm of the three-phase inverter main circuit is constituted by connecting IGBTs 191A-191D as semiconductor chips 10 mm or under in size and diodes 201A-201C in parallel. Also, the IGBTs 191A-191D and the diodes 201A-201C in question are joined with a conductor 22 not less than 1.5 mm and not more than 5 mm in thickness, and this conductor is bonded to a cooler 24 via an insulating resin sheet 25 containing ceramics.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



JAPIO

© 2004 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.
Dialog® File Number 347 Accession Number 7659696

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-153554

(P2003-153554A)

(43)公開日 平成15年5月23日(2003.5.23)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 2 M 7/48		H 0 2 M 7/48	Z 5 F 0 3 6
H 0 1 L 23/36		7/5387	Z 5 H 0 0 7
H 0 2 M 7/5387		H 0 1 L 23/36	D

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2001-347876(P2001-347876)

(22)出願日 平成13年11月13日(2001.11.13)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 中村 正巳

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

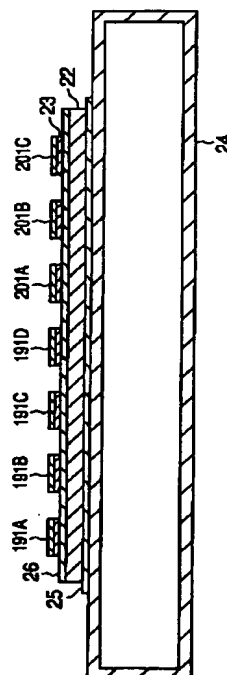
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インバータ装置及びその製造方法

(57)【要約】

・【課題】インバータ主回路における冷却効率を高めることで通電容量を向上させ且つ小型化に寄与し、また高い信頼性を発揮し得るインバータ装置の提供。

・【解決手段】複数のアームを有する3相インバータ主回路を複数の電力用半導体チップで構成してなるインバータ装置において、3相インバータ主回路の1アームを、サイズが□10mm以下の半導体チップとしてIGBT191A~191D及びダイオード201A~201Cを並列接続して構成すると共に当該IGBT191A~191D及びダイオード201A~201Cは厚みが1.5mm以上5mm以下の導体22に接合され、この導体22はセラミックスを含有した絶縁樹脂シート25を介して冷却器24に接着されてなる。



1

・【特許請求の範囲】

・【請求項 1】 複数のアームを有する 3 相インバータ主回路を複数の電力用半導体チップで構成してなるインバータ装置において、

前記 3 相インバータ主回路の 1 アームを、サイズが□10mm以下の半導体チップを複数個並列接続して構成すると共に当該複数の半導体チップは厚みが1.5mm以上5mm以下の導体に接合され、当該導体はセラミックスを含有した絶縁樹脂シートを介して冷却器に接着されてなることを特徴とするインバータ装置。

・【請求項 2】 前記導体を、前記半導体チップが接合された面にはメッキ処理を行い、前記冷却器とセラミックスを含有した絶縁樹脂シートで接着する面にはメッキ処理を行わないことを特徴とする請求項 1 記載のインバータ装置。

・【請求項 3】 前記複数の半導体チップと、厚みが1.5mm以上5mm以下の導体を接合する半田の厚みを、75μm以上300μm以下としたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のインバータ装置。

・【請求項 4】 前記冷却器の厚みを、前記厚みが1.5mm以上5mm以下の導体の 3.3 倍以上 10 倍以下としたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 5】 前記 3 相インバータ主回路の上側アームを構成する複数の並列接続された半導体チップを、前記導体を構成する第 1 導体に 1 列に配置し、前記 3 相インバータ主回路の下側アームを構成する複数の並列接続された半導体チップを、前記導体を構成する第 2 導体に 1 列に配置すると共に、前記第 1 導体及び第 2 導体との間に、前記第 1 導体上の複数の半導体チップと 3 相出力電極を接続する第 3 導体と、前記第 2 導体上の複数の半導体チップと負極側電極を接続する第 4 導体とを配置し且つ前記第 1 導体及び第 2 導体に配置され並列接続された複数の半導体チップの電流経路を均等にすることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 6】 前記セラミックスを含有した絶縁樹脂シートを、前記 3 相インバータ主回路の各相毎に分割し、各絶縁樹脂シートを一定距離はなし、各絶縁樹脂シート間には前記複数の半導体チップを駆動するための配線及び前記複数の半導体チップを制御するための配線の入出力端子を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 7】 前記冷却器として液冷式冷却器を用い、当該液冷式冷却器の冷媒が通る流路には拡大伝熱面を設け、前記拡大伝熱面を前記複数の半導体チップが接合される導体と平行に設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 8】 前記冷却器として上下 2 段構成の液冷式冷却器を用い、当該上下 2 段構成の液冷式冷却器の上段

2

は前記複数の半導体チップを冷却する冷媒が通る冷却器として機能させ、下段は周囲に開放され冷媒が通らない冷却器として機能させ、前記上段における冷媒が通る流路には第 1 拡大伝熱面を設け、この第 1 前記拡大伝熱面を前記複数の半導体チップが接合される導体と平行に設け、前記下段には前記第 1 拡大伝熱面と直行する方向に第 2 拡大伝熱面を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 9】 前記導体の端部を薄板構造とし、該薄板部に電氣的に配線するためのワイヤボンディングを接合することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 10】 前記複数の半導体チップが接合された前記導体に、チップとチップの間にスリットを設け、スリットが設けられた面を、前記冷却器と、セラミックスを含有した絶縁樹脂シートとで接着することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項記載のインバータ装置。

・【請求項 11】 複数のアームを有する 3 相インバータ主回路を、複数の半導体チップで構成してなるインバータ装置において、前記半導体チップを導体に半田接合する工程と、前記半導体チップが接合された前記導体と冷却器との間にセラミックスを含有した絶縁樹脂シートを介在させて加圧及び加熱接着する工程とを具備したことを特徴とするインバータ装置の製造方法。

・【請求項 12】 前記導体上の複数の半導体チップが接合されていない場所を加圧することを特徴とする請求項 11 記載のインバータ装置の製造方法。

・【発明の詳細な説明】

・【0001】

・【発明の属する技術分野】 本発明は、複数のアームを有する 3 相インバータ主回路を複数の電力用半導体チップで構成すると共に駆動回路及び制御回路を有するインバータ装置に係り、特に電気自動用として小型で冷却効率が良く、信頼性の高いインバータ装置及び製造方法に関するものである。

・【0002】

・【従来の技術】 電気自動車では、インバータ装置の小型化、高信頼性が要求されている。インバータ装置の小型化、高信頼性を図るためには、冷却効率が良いインバータ装置が必要となる。

・【0003】 以下、従来のインバータ装置の構造を、図 16～図 18 を参照して説明する。図 16 は従来のインバータ装置の平面断面図、図 17 は同側面断面図、図 18 は同内部部分断面図である。

・【0004】 図 16 及び図 17 において、インバータ装置は、取付けねじ 3 によりインバータ装置筐体 1 の底面に取付けられ、3 相インバータ主回路を構成する半導体チップを実装してなる電力用半導体素子部 2、固定台 5

に固定されている電源平滑用コンデンサであるアルミ電解コンデンサ4、3相出力導体91~93の電流を検出する電流検出器101~102、制御ユニット11により構成されている。

・【0005】電力用半導体素子部2とアルミ電解コンデンサ4は、正極側導体7及び負極側導体8と接続ねじ6により電氣的に接続されている。また、インバータ装置筐体1の底面には、冷媒14の入口12、出口13及び流路15が設けられており、入口12から入り流路15内部を流れる冷媒14により電力用半導体素子部2は冷

却され、該冷媒14は出口13から出る。冷媒14は、例えば不凍液などである。
・【0006】また電力用半導体素子部2は、図18に示すように、放熱用金属板16の上部に絶縁基板17、絶縁基板17の上部に金属電極18、金属電極18の上部に、半導体チップであるIGBT191及びダイオード201が積層され且つ接合され、IGBT191及びダイオード201、金属電極18、絶縁基板17が絶縁性を有する樹脂製パッケージに収納され、さらに放熱用金属板16と樹脂製パッケージは端部で接着されている。樹脂製パッケージの内部には、絶縁性のゲルが封入されている。

・【0007】さらに、電力用半導体素子部2は、放熱用金属板16の裏面に、接触熱抵抗を低減する目的で熱伝導グリース21が塗布され、流路15が設けられたインバータ装置筐体1の底面に、取付けねじ3により取付けられている。

・【0008】このように構成された電力用半導体素子部2においては、半導体チップであるIGBT191及びダイオード201が通電されたときに損失が発生する。IGBT191及びダイオード201の上部には断熱材である絶縁性のゲルが封入されているので、IGBT191及びダイオード201で発生した損失の大部分は、下部の金属電極18に熱伝導する。金属電極18に熱伝導した損失は、絶縁基板17を伝わり放熱用金属板16に熱伝導する。放熱用金属板16は、図17~図18に示すように取付けねじ3によりインバータ装置筐体1の底面に加圧接触され、損失が冷媒14により放熱される。

・【0009】

・【発明が解決しようとする課題】上述した従来のインバータ装置では、以下のような問題点がある。

・【0010】第1の問題点として、放熱用金属板16の裏面に接触熱抵抗を低減するための熱伝導グリース21を塗布し、電力用半導体素子部2の周囲にある取付けねじ3により放熱用金属板16を、流路15が構成されているインバータ装置筐体1の底面に加圧接触させているので、加圧力が放熱用金属板16全体に均等にかからない。そのため、放熱用金属板16とインバータ装置筐体1との間の接触熱抵抗は、電力用半導体素子部2の内部

の熱抵抗とほぼ同等と非常に大きくなり冷却効率が悪い。

・【0011】第2の問題点として、第1の問題点に加え、放熱用金属板16の裏面に塗布される熱伝導グリース21は長期的な劣化も考えられ信頼性が低下する。

・【0012】これらは、結局、インバータ装置の通電容量の向上に対応できなく、また、冷却器などが大型化しインバータ装置も大型化し、さらに、インバータ装置の長期使用を前提とした信頼性を確保することが難しくなる、という問題点になる。

・【0013】本発明の目的は、インバータ主回路における冷却効率を高めることで通電容量を向上させ且つ小型化に寄与し、また高い信頼性を発揮し得るインバータ装置及びその製造方法を提供することにある。

・【0014】

・【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明に係るインバータ装置は、複数のアームを有する3相インバータ主回路を複数の電力用半導体チップで構成してなるインバータ装置において、前記3相インバータ主回路の1アームを、サイズが□10mm(□10mmは、正方形における一辺の長さが10mmであることを示す。)以下の半導体チップを複数個並列接続して構成すると共に当該複数の半導体チップは厚みが1.5mm以上5mm以下の導体に接合され、当該導体はセラミックスを含有した絶縁樹脂シートを介して冷却器に接着されてなることを特徴とする。

・【0015】また、上記の目的を達成するために本発明に係るインバータ装置の製造方法は、複数のアームを有する3相インバータ主回路の1アームを、サイズが□10mm以下の半導体チップを複数個並列接続して構成すると共に当該複数の半導体チップを、厚みが1.5mm以上5mm以下の導体に接合し、当該導体を、絶縁樹脂シートを介して冷却器に接着してなるインバータ装置の製造方法において、前記絶縁樹脂シートとしてエポキシ樹脂シートを用い、前記導体と前記冷却器との間に前記エポキシ樹脂シートを介在させて加圧及び加熱接着することを特徴とする。

・【0016】本発明のインバータ装置によれば、チップサイズを□10mm以下とし且つチップを並列接続することにより、半田の非線形ひずみの値は小さく、電気自動車用として必要とする数10kWの通電容量を確保することができる。

・【0017】また、半導体チップは冷却器に絶縁樹脂シートを用いて直接接着されているので熱抵抗が低減し、高い信頼性を確保することができる。

・【0018】本発明のインバータ装置の製造方法によれば、半導体チップを導体に半田接合した後に前記導体と前記冷却器との間に前記エポキシ樹脂シートを介在させて加圧及び加熱接着しているため、エポキシ樹脂シートの特性を劣化させることがない。

5

・【0019】

・【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

・【0020】(第1の実施形態：請求項1、2に対応)まず、本発明の第1の実施形態について、図1～図4を用いて説明する。

・【0021】図1は、本発明の第1の実施形態のインバータ装置の特に電力用半導体素子部の内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図である。

・【0022】図2は、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部を、 $-40^{\circ}\text{C}/1\text{h}\sim 125^{\circ}\text{C}/1\text{h}$ で保持をする温度サイクル試験をおこなったときの半田の非線形ひずみの最大値と半導体チップサイズの相関の解析結果を示す図である。

・【0023】図3は、本発明の第1の実施形態のインバータ装置通電時の半導体チップの温度の解析結果を示す図である。

・【0024】図4は、本発明の第1の実施形態のインバータ装置起動時の半導体チップの温度と導体厚みの相関の解析結果を示す図である。

・【0025】図1において、インバータ装置の電力用半導体素子部は、3相インバータ主回路の1アームを、サイズが $\square 10\text{mm}$ 以下の半導体チップであるIGBT191A、191B、191C、191D及びダイオード201A、201B、201Cを並列接続して構成している。

・【0026】図1においては、IGBTが4並列、ダイオードが3並列の場合の実施形態である。さらに、厚みが 1.5mm 以上 5mm 以下の銅製の導体22に、半導体チップであるIGBT191A、191B、191C、191D及びダイオード201A、201B、201Cが導体22の厚みの2倍以上の距離を以て分散配置され、Sn/Pbなどの低融点又はSn/Ag/Cuなどの高融点半田23で接合されている。さらに、導体22は、銅やアルミニウム製の冷却器24に、セラミックスを含有した絶縁樹脂シート25で接着されている。

・【0027】絶縁樹脂シート25は、例えばエポキシ樹脂に窒化ホウ素などのセラミックフィラーを充填したものであり、熱伝導率は $2\sim 4\text{W}/\text{mK}$ 、厚みは $0.1\sim 0.15\text{mm}$ 程度である。

・【0028】さらに、導体22は、IGBT191A～191D及びダイオード201A～201Cを接合した面にはメッキ処理26を行い、冷却器24とセラミックスを含有した絶縁樹脂シート25で接着する反対面にはメッキ処理を行っていない。

・【0029】図1において、インバータ装置は、厚みが 1.5mm 以上 5mm 以下の銅製の導体22に、半導体チップであるIGBT191A、191B、191C、191D及びダイオード201A、201B、201Cが、Sn/Pbなどの低融点又はSn/Ag/Cuなど

6

の高融点半田23で接合されている。

・【0030】IGBT191及びダイオード201は材質がSiで、導体22は材質が銅であるので、IGBT191及びダイオード201と導体22の線膨張係数の違いにより、温度サイクルが負荷されたときに、半田23にせん断応力が発生し、非線形ひずみが発生する。非線形ひずみの値が大きくなると、温度サイクルが負荷されたときに半田にクラックなどが発生する。非線形ひずみの値は、小さいほど信頼性・耐久性が向上する。

・【0031】図2は、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部を、 $-40^{\circ}\text{C}/1\text{h}\sim 125^{\circ}\text{C}/1\text{h}$ で保持をする温度サイクル試験を行ったときの、半田23の非線形ひずみの最大値とチップサイズの相関を示す解析結果である。

・【0032】図2によると、チップサイズが $\square 10\text{mm}$ より大きくなると、半田の非線形ひずみが増大することが分かる。従って、チップサイズを $\square 10\text{mm}$ 以下とすると、インバータ装置の信頼性・耐久性を確保することが可能となることが分かる。

・【0033】一方、本実施形態のようにチップサイズを $\square 10\text{mm}$ 以下とすると1チップ当りの通電容量が小さくなる。この場合、チップの並列接続を行うことにより、電気自動車用として数 10kW の通電容量を確保することができる。

・【0034】さらに、図1のように構成されたインバータ装置においては、導体22に接合されたIGBT191A～191D及びダイオード201A～201Cが、冷却器24に絶縁樹脂シート25を用い直接接着されているので、図24に示した従来の電力用半導体素子部のような冷却器との接触部の接触熱抵抗が無くなり、熱抵抗が低減する。

・【0035】さらに、従来の電力用半導体素子部の内部に用いられている絶縁基板17である例えばアルミナ基板(熱伝導率 $21\text{W}/\text{mK}$ 、厚み 0.32mm)などに比べ、熱伝導率が低い絶縁樹脂シート25の上部の導体22を、熱伝導率の良い銅製とし厚みを 1.5mm 以上 5mm 以下としIGBT191A～191D及びダイオード201A～201Cを分散配置しているため、IGBT191A～191D及びダイオード201A～201Cで発生した熱損失を導体22の熱伝導により拡散し、さらに熱容量により吸収することができるので、さらに熱抵抗が低減する。

・【0036】図3は、導体22の厚みが 3mm のときの、インバータ通電時のIGBT191及びダイオード201の温度変化の解析結果である。インバータ起動時には、IGBT及びダイオードの損失が大きくなり、IGBT及びダイオードとも温度上昇が特に高くなる。

・【0037】IGBT191及びダイオード201の信頼性の向上、並列数の低減、電力用半導体素子部及びインバータ装置の小型化には、特にインバータ起動時の温

7

度上昇を低減することが重要となる。

・【0038】図4は、導体22の厚みをパラメータにした、インバータ起動時のIGBT191及びダイオード201の温度変化である。導体22の厚みが1.5mm以下になると、IGBT191及びダイオード201の温度が特に高くなる。また、導体22の厚みを5mmより大きくしても、IGBT及びダイオードの温度は大きくは低減しない。導体22の厚みが1.5mm以上5mm以下の場合に、導体22の熱容量の効果により、IGBT及びダイオードのインバータ起動時の温度が低くなる。

・【0039】IGBTのチップサイズが□7.8mmのとき、導体22の厚みが3mmの本発明の電力用半導体素子部のIGBTチップ当りの定常熱抵抗は0.46K/Wであり、従来の電力用半導体素子部のIGBTチップ当りの定常熱抵抗1.11K/Wに比べ、約半減する。

・【0040】また、絶縁樹脂シート25は、例えばNiメッキなど行った不活性な面より、銅などのより活性の強い面との接着力の方が強くなる。一方、IGBTやダイオードの電氣的な配線であるワイヤボンディングは、メッキ処理した面との接合力が強くなる。

・【0041】故に、導体22は、IGBT191A~191D及びダイオード201A~201Cを接合した面にはメッキ処理26を行っているので、ワイヤボンディングと導体22の接合力が向上し、冷却器24とセラミックスを含有した絶縁樹脂シート25で接着する反対面にはメッキ処理26を行っていないので、導体22と絶縁樹脂シート25の接着力が向上する。

・【0042】以上のように図1~図4で示したインバータ装置においては、電力用半導体素子部2の内部のIGBT及びダイオードによる半導体チップの熱抵抗が半減し、冷却効率が向上し、インバータ装置の信頼性向上、小型化が図れる。さらに、長期的な劣化なども考えられる熱伝導グリースを使用しないので、信頼性・耐久性が向上する。

・【0043】(第2の実施形態：請求項3に対応)次に、本発明の第2の実施形態を図1及び図5を参照して説明する。

・【0044】第2の実施形態は、第1の実施形態の電力用半導体素子部における半田の厚みを規定している。

・【0045】図5は、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部を、-40℃/1h~125℃/1hで保持をする温度サイクル試験をおこなったときの、半田の非線形ひずみの最大値と半田厚みの相関の解析結果である。

・【0046】図1において、インバータ装置は、厚みが1.5mm以上5mm以下の銅製の導体22に、半導体チップであるIGBT191A、191B、191C、191D及びダイオード201A、201B、201C

8

が、Sn/Pbなどの低融点又はSn/Ag/Cuなどの高融点半田23で接合されている。

・【0047】IGBT191及びダイオード201は材質がSiで、導体22は材質が銅であるので、IGBT191及びダイオード201と導体22の線膨張係数の違いにより、温度サイクルが負荷されたときに、半田23にせん断応力が発生し、非線形ひずみが発生する。非線形ひずみの値は、小さいほど信頼性・耐久性が向上する。

・【0048】図5は、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部を、-40℃/1h~125℃/1hで保持をする温度サイクル試験をおこなったときの、半田23の非線形ひずみの最大値と半田厚みの相関の解析結果である。

・【0049】半田23の厚みが75μmより小さくなると、非線形ひずみが増大する。半田23の厚みが75μm以上になると、半田23の厚みを増すことにより半田の熱応力を分散させ応力集中が減少するので、非線形ひずみが低減する。一方、半田23の厚みを300μm以上としても、非線形ひずみは大きくは低減しない。

・【0050】以上のように本実施形態においては、IGBT191及びダイオード201と、厚みが1.5mm以上5mm以下の導体22を接合する半田23の厚みを、75μm以上300μm以下とすることにより、半田23の非線形ひずみを低減でき、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部及びインバータ装置の信頼性・耐久性を、一層向上させることができる。

・【0051】(第3の実施形態：請求項4に対応)次に、本発明の第3の実施形態を、図1及び図6を参照して説明する。

・【0052】第3の実施形態は、第1の実施形態の電力用半導体素子部における冷却器24の厚みを規定している。

・【0053】図6は、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部を、-40℃/1h~125℃/1hで保持をする温度サイクル試験をおこなったときの、絶縁樹脂シート25の最大せん断応力と冷却器の厚み/導体の厚みの相関の解析結果である。

・【0054】図1において、銅製の導体22は、銅やアルミニウム製の冷却器24に、セラミックスを含有した絶縁樹脂シート25で接着されている。冷却器24の材質としては、銅やアルミニウムなどが考えられるが、製造性・加工性や重量などを考えればアルミニウムが望ましい。

・【0055】特に冷却器24の材質をアルミニウムとした場合には、材質が銅である導体22と材質がアルミニウムである冷却器24の線膨張係数の違いにより、温度サイクルが負荷されたときに、絶縁樹脂シート25にせん断応力が発生する。せん断応力の値が大きくなると、絶縁樹脂シート25が剥離する。せん断応力の値は、小

さいほど信頼性・耐久性が向上する。

・【0056】図6は、冷却器24の材質をアルミニウムとし、本発明の第1の実施形態の電力用半導体素子部を、 $-40^{\circ}\text{C}/1\text{h}\sim 125^{\circ}\text{C}/1\text{h}$ で保持をする温度サイクル試験をおこなったときの、絶縁樹脂シート25の最大せん断応力と冷却器の厚み/導体の厚みの相関を示す解析結果である。

・【0057】冷却器24の厚み/導体22の厚みが3.3倍より小さくなると、絶縁樹脂シート25の最大せん断応力は増大する。冷却器24の厚み/導体22の厚みが3.3倍以上になると、導体22に比べ冷却器24の剛性の方が十分大きくなり冷却器24の変形が抑制され、それにより絶縁樹脂シート25の変形も抑制されるので、絶縁樹脂シート25の最大せん断応力が低減する。冷却器24の厚み/導体22の厚みを10倍以上としても、最大せん断応力はほとんど低減しない。

・【0058】以上のように本実施形態によれば、冷却器24の厚みを、厚みが1.5mm以上5mm以下の導体の3.3倍以上10倍以下とすることにより、絶縁樹脂シート25の最大せん断応力を低減でき、本発明の第1～第2の実施形態の電力用半導体素子部及びインバータ装置の信頼性・耐久性を、一層向上させることができる。

・【0059】(第4の実施形態：請求項5, 6に対応)次に、本発明の第4の実施形態を、図7～図10を参照して説明する。

・【0060】図7は、本発明の第4の実施形態のインバータ装置における、電力用半導体素子部の部分斜視図である。1アームあたり、IGBTは4並列、ダイオードは2並列の実施形態である。

・【0061】図8は、本発明の第4の実施形態のインバータ装置における、電力用半導体素子部の内部構造が分かる斜視図である。1アームあたり、IGBTは4並列、ダイオードは2並列の実施形態である。

・【0062】図9は、本発明の第4の実施形態のインバータ装置における、電力用半導体素子部を示し、図9(a)は平面図、図9(b)は図9(a)のB-B方向に見た断面図及び図9(c)は図9(a)のC-C方向に見た断面図である。1アームあたり、IGBTは4並列、ダイオードは3並列の実施形態である。

・【0063】図10は、本発明の第4の実施形態の、インバータ装置の回路図である。

・【0064】図7において、電力用半導体素子部は、図10に示す3相インバータ主回路のW相の上側アームを構成する4並列接続されたIGBT191A～191D及び2並列接続されたダイオード201A～201Bを、3相インバータ主回路の上側アームを構成する上側アーム導体27に1列に配置し、同様に3相インバータ主回路のW相の下側アームを構成する4並列接続されたIGBT192A～192D及び2並列接続されたダイ

オード202A～202Bを、3相インバータ主回路の下側アームを構成する下側アーム導体28に1列に配置している。

・【0065】また、上側アーム導体27及び下側アーム導体28の間に、上側アーム導体127上に配置されたIGBT191A～191D及びダイオード201A～201Bと3相出力端子40を接続する3相出力導体29を配置している。

・【0066】図7～図10の実施形態では、下側アーム導体28と、3相出力導体29が同一の導体で構成されている。さらに、上側アーム導体27及び下側アーム導体28の間に、下側アーム導体28上に配置されたIGBT192A～192D及びダイオード202A～202Bと負極端子39を接続する負極導体30を配置している。IGBT及びダイオードと各導体間は、ワイヤボンディング31により電氣的に接続されている。

・【0067】このように構成によれば、正極端子38から並列接続された個々のIGBT191A～191Dを通り3相出力端子40に至る個々の電流経路が均等となる。同様に、3相出力端子40から並列接続された個々のIGBT192A～192Dを通り負極端子39に至る個々の電流経路が均等となる。同様に、3相出力端子40から並列接続された個々のダイオード201A～201Bを通り正極端子38に至る個々の電流経路が均等となる。同様に、負極端子39から並列接続された個々のダイオード202A～202Bを通り3相出力端子40に至る個々の電流経路が均等となる。その他の構成は、第1～第3の実施形態と同様である。

・【0068】一方、図8～図9において、電力用半導体素子部は、セラミックスを含有した絶縁樹脂シートを3相インバータ主回路の各相毎に分割し、W相絶縁樹脂シート32、V相絶縁樹脂シート33、U相絶縁樹脂シート34を一定距離はなし、U～W各絶縁樹脂シート間には、並列接続されたIGBTを制御するための制御配線35及び制御入出力端子36が設けられている。

・【0069】また、IGBT及びダイオード、各導体、各絶縁樹脂シートは、周囲が冷却器24と接着されており、正極端子38及び負極端子39及び3相出力端子40及び制御入出力端子36を備えた樹脂パッケージ37の内部に、絶縁性のゲルと共に封入されている。その他の構成は、図7と同様である。

・【0070】本実施形態のインバータ装置の電力用半導体素子部においては、第1～第3の実施形態の効果に加え、並列接続された各IGBTから制御配線35を主回路の電流の流れと直角に最短で引出すことができ、制御のノイズによる誤動作などがなく信頼性が向上する。

・【0071】また本実施形態においては、上側又は下側アームの一相当たりに用いる半導体チップを、複数の半導体チップを並列接続することにより、並列接続された各IGBT及びダイオードの電流経路がすべて均等に分

配されるようになっていて、各 IGBT 及びダイオードの電流分担が均等となり、並列接続された IGBT 及びダイオードチップの局部過熱などは発生しない。

・【0072】さらに本実施形態においては、絶縁樹脂シートが各相毎に分割されているので、絶縁樹脂シートのせん断応力も低減し、信頼性・耐久性も向上する。

・【0073】(第5の実施形態：請求項7に対応)次に、本発明の第5の実施形態を図11を参照して説明する。

・【0074】図11(a)は、本発明の第5の実施形態のインバータ装置における、電力用半導体素子部の平面図、図11(b)は図11(a)のB-B方向に見た断面図及び図11(c)は図11(a)のC-C方向に見た断面図である。1アームあたり、IGBTは4並列、ダイオードは3並列の実施形態である。

・【0075】図11において、電力用半導体素子部は、冷却器24を液冷式冷却器とし、液冷式冷却器の冷媒14が通る流路15には拡大伝熱面41を設け、拡大伝熱面41をIGBT及びダイオードが接合される上側アーム導体27、下側アーム導体28、及び3相出力導体29、負極導体30と平行に設ける。その他の構成は、第1～第4の実施形態と同様である。

・【0076】本実施形態によれば、第1～第4の実施形態の効果に加え、拡大伝熱面41が導体と平行に設けられているので、インバータ通電時の温度サイクルによる導体の長手方向の冷却器24の熱変形を抑制することができ、絶縁樹脂シートに発生するせん断応力の値を小さくすることができ、絶縁樹脂シートの信頼性・耐久性を向上させることができる。

・【0077】(第6の実施形態：請求項8に対応)次に、本発明の第6の実施形態を、図12を参照して説明する。

・【0078】図12(a)は、本発明の第6の実施形態のインバータ装置における、電力用半導体素子部の平面図、図12(b)は図12(a)のB-B方向に見た断面図及び図12(c)は図12(a)のC-C方向に見た断面図である。1アームあたり、IGBTは4並列、ダイオードは3並列の実施形態である。

・【0079】図12において、電力用半導体素子部は、冷却器24を液冷式冷却器とし、冷却器24の外形は第5の実施形態と同様とし、さらに上下2段構成とする。上段においては、液冷式冷却器の冷媒14が通る流路15に拡大伝熱面41を設け、拡大伝熱面41をIGBT及びダイオードが接合される上側アーム導体27、下側アーム導体28、及び3相出力導体29、負極導体30の長手方向と平行に設ける。下段においても、拡大伝熱面41と直行する方向に拡大伝熱面42を設け、周囲に開放され冷媒が通らない冷却器とする。拡大伝熱面42の枚数は、拡大伝熱面41の枚数より少なくなっている。

・【0080】このような構成においては、冷却器24の

外形は第5の実施形態と同様なので、拡大伝熱面1の放熱面積は、第5の実施形態の半分となっているが、液冷式冷却器の場合は第5の実施形態の拡大伝熱面1のフィン効率は0.5位であり、第6の実施形態の拡大伝熱面1のフィン効率は1位なので、冷却能力は第5の実施形態とほぼ同等である。その他の構成は、第1～第5の実施形態と同様である。

・【0081】本実施形態によれば、第1～第5の実施形態の効果に加え、拡大伝熱面141及び拡大伝熱面42が直交しているので冷却器の剛性が向上し、インバータ通電時の温度サイクルによる導体の長手方向の冷却器24の熱変形を第5の実施形態以上に抑制することができ、絶縁樹脂シートに発生するせん断応力の値を小さくすることができ、絶縁樹脂シートの信頼性・耐久性を向上させることができる。

・【0082】(第7の実施形態：請求項9に対応)次に、本発明の第7の実施形態を、図13を参照して説明する。

・【0083】図13は、本発明の第7の実施形態のインバータ装置の特に電力用半導体素子部の内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図である。

・【0084】図13において、電力用半導体素子部は、導体22の端部を薄板部43とし、薄板部43に正極端子38や負極端子39や3相出力端子40と電気的に配線するためのワイヤボンディング31を接合する。その他の構成は、第1～第6の実施形態と同様である。

・【0085】図13のように構成された電力用半導体素子部においては、インバータ通電時の温度サイクルにより、導体22と冷却器24を接着している絶縁樹脂シート25にせん断応力が発生する。せん断応力は、導体22の端部で最大となる。

・【0086】また、導体22の端部が薄板部43となっているので導体22の端部の剛性を低減することができ、インバータ通電時の温度サイクルにより導体22の端部で発生するエポキシ樹脂シートの最大せん断応力を低減することができる。導体22の厚みが3mmのとき、薄板部43の厚みを0.5mmとすると、エポキシ樹脂シートの最大せん断応力は約28%低減する。

・【0087】本実施形態によれば、第1～第6の実施形態の効果に加え、絶縁樹脂シートの信頼性・耐久性をさらに向上させることができる。

・【0088】(第8の実施形態：請求項10に対応)次に、本発明の第8の実施形態を図14を参照して説明する。

・【0089】図14は、本発明の第8の実施形態のインバータ装置の特に電力用半導体素子部の内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図である。

・【0090】図14において、電力用半導体素子部は、導体22に、IGBT191A～191Dとダイオード201A～201Cの間にスリット44を設け、スリッ

13

ト 44 が設けられた面を冷却器 24 と、セラミックスを含有した絶縁樹脂シート 25 で接着する。その他の構成は、第 1 ～ 第 7 の実施形態と同様である。

・【0091】図 14 のように構成された電力用半導体素子部においては、インバータ通電時の温度サイクルにより、IGBT 191A ～ 191D とダイオード 201A ～ 201C と導体 22 とを接合している低融点又は高融点半田 23 にせん断応力が発生する。

・【0092】本実施形態では、導体 22 にスリット 44 が設けられているため、温度サイクルにより、導体 22 の長手方向に直行する垂直方向に変形しやすくなる分、導体 22 の長手方向の熱膨張を抑制することができ、低融点又は高融点半田 23 のせん断応力を低減することができる。導体 22 の厚みが 3mm のとき、スリット 44 の高さを 2.5mm とすると、低融点又は高融点半田 23 のせん断応力は約 16% 低減する。

・【0093】以上の本実施形態によれば、第 1 ～ 第 7 の実施形態の効果に加え、低融点又は高融点半田の信頼性、耐久性をさらに向上させることができる。

・【0094】(第 9 の実施形態：請求項 11 ～ 13 に対応) 次に、本発明の第 9 の実施形態を図 15 を参照して説明する。

・【0095】図 15 は本発明の第 9 の実施形態のインバータ装置の製造方法を示す図である。

・【0096】図 15 において、電力用半導体素子部は、図 15 の (a) に示すようにまず、IGBT 191A ～ 191D とダイオード 201A ～ 201C を Sn/Pb などの低融点又は Sn/Ag/Cu などの高融点半田 23 で導体 22 に接合する。次に、図 15 の (b) に示すように、絶縁樹脂シート 25 を冷却器 24 に仮接着する。最後に、図 15 の (c) に示すように、導体 22 を、IGBT 191A ～ 191D とダイオード 201A ～ 201C が接合されていない場所に、加圧力を均一化するために例えばシリコンゴムなどの弾性体 45 を配置し、加圧板 46 を介し加圧して、導体 22 と冷却器 24 を絶縁樹脂シート 25 で加圧、加熱接着する。加圧温度は、例えば 160℃ ～ 170℃、加圧力は約 20 ～ 30 kgf/cm² である。

・【0097】図 15 の電力用半導体素子部においては、仮に最初に導体 22 と冷却器 24 を絶縁樹脂シートで接着したとすると、IGBT 191A ～ 191D とダイオード 201A ～ 201C を半田付けするときに、絶縁樹脂シート 25 のガラス転移温度 (例えば 170℃ 位) 以上に長時間加熱する必要がある、絶縁樹脂シートの特性が劣化する。これに対し、本実施形態では、上述した製造方法を採用するため、絶縁樹脂シートの特性が劣化することはない。

・【0098】また、半田も、例えば Pb フリーの高融点半田である Sn/Ag/Cu 半田などを採用することが可能となる。

14

・【0099】

・【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、インバータ主回路の冷却効率を向上して通電容量の向上に寄与し、装置の小型化を達成できる。また、インバータ主回路及びその半導体チップの信頼性を向上してインバータ装置の信頼性を向上することができる。

・【図面の簡単な説明】

・【図 1】本発明の第 1 の実施形態のインバータ装置の特に電力用半導体素子部の内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図。

・【図 2】本発明の第 1 の実施形態の電力用半導体素子部を、-40℃/1h ～ 125℃/1h で保持をする温度サイクル試験をおこなったときの半田の非線形ひずみの最大値と半導体チップサイズの相関の解析結果を示す図。

・【図 3】本発明の第 1 の実施形態のインバータ装置通電時の半導体チップの温度の解析結果を示す図。

・【図 4】本発明の第 1 の実施形態のインバータ装置起動時の半導体チップの温度と導体厚みの相関の解析結果を示す図。

・【図 5】本発明の第 2 の実施形態を示すものであって、第 1 の実施形態の電力用半導体素子部を、-40℃/1h ～ 125℃/1h で保持をする温度サイクル試験をおこなったときの半田の非線形ひずみの最大値と半田厚みの相関の解析結果を示す図。

・【図 6】本発明の第 3 の実施形態を示すものであって、第 1 の実施形態の電力用半導体素子部を、-40℃/1h ～ 125℃/1h で保持をする温度サイクル試験をおこなったときの絶縁樹脂シート 25 の最大せん断応力と冷却器の厚み/導体厚みの相関の解析結果を示す図。

・【図 7】本発明の第 4 の実施形態のインバータ装置における電力用半導体素子部の部分斜視図。

・【図 8】本発明の第 4 の実施形態のインバータ装置における電力用半導体素子部の内部構造が分かる斜視図。

・【図 9】本発明の第 4 の実施形態のインバータ装置における電力用半導体素子部を示す図。

・【図 10】本発明の第 4 の実施形態のインバータ装置の回路図。

・【図 11】本発明の第 5 の実施形態のインバータ装置における電力用半導体素子部を示す図。

・【図 12】本発明の第 6 の実施形態のインバータ装置における電力用半導体素子部を示す図。

・【図 13】本発明の第 7 の実施形態のインバータ装置の特に電力用半導体素子部の内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図。

・【図 14】本発明の第 8 の実施形態のインバータ装置の特に電力用半導体素子部の内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図。

・【図 15】本発明の第 9 の実施形態のインバータ装置の製造方法を示す図。

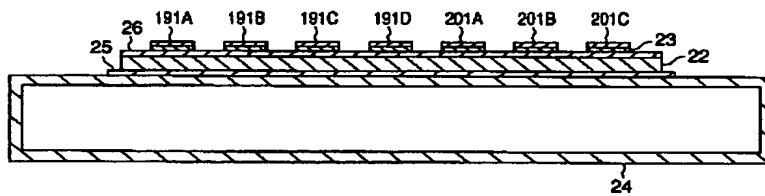
15

- ・【図16】従来のインバータ装置の平面断面図。
- ・【図17】従来のインバータ装置の側面断面図。
- ・【図18】従来の電力用半導体素子部及びインバータ装置の内部部分断面図。
- ・【符号の説明】
- 1:インバータ装置筐体
- 2:電力用半導体素子部
- 3:取付けねじ
- 4:アルミ電解コンデンサ
- 5:固定台
- 6:接続ねじ
- 7:正極側導体
- 8:負極側導体
- 91~93:3相出力導体
- 101~102:電流検出器
- 11:制御ユニット
- 12:入口
- 13:出口
- 14:冷媒
- 15:流路
- 16:放熱用金属板
- 17:絶縁基板
- 18:金属電極
- 191~196:IGBT
- 201~206:ダイオード
- 21:熱伝導グリース

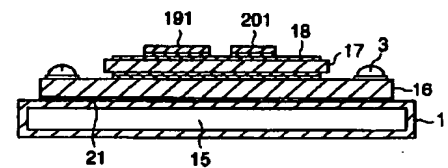
16

- *22:導体
- 23:低融点又は高融点半田
- 24:冷却器
- 25:絶縁樹脂シート
- 26:メッキ
- 27:上側アーム導体
- 28:下側アーム導体
- 29:3相出力導体
- 30:負極導体
- 10 31:ワイヤボンディング
- 32:W相絶縁樹脂シート
- 33:V相絶縁樹脂シート
- 34:U相絶縁樹脂シート
- 35:制御配線
- 36:制御入出力端子
- 37:樹脂パッケージ
- 38:正極端子
- 39:負極端子
- 40:3相出力端子
- 20 41:拡大伝熱面
- 142:拡大伝熱面
- 243:薄板部
- 44:スリット
- 45:弾性体
- 46:加圧板

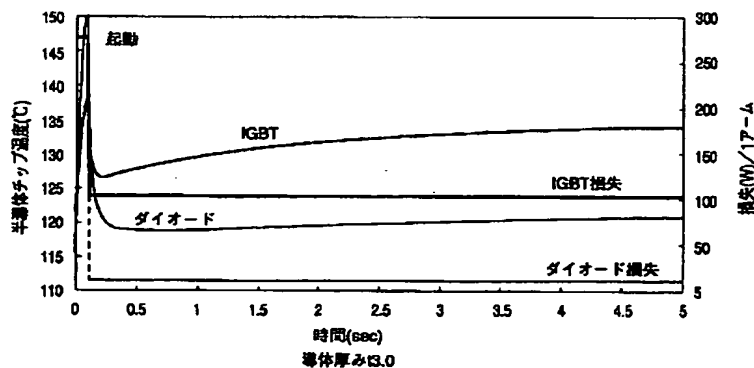
・【図1】



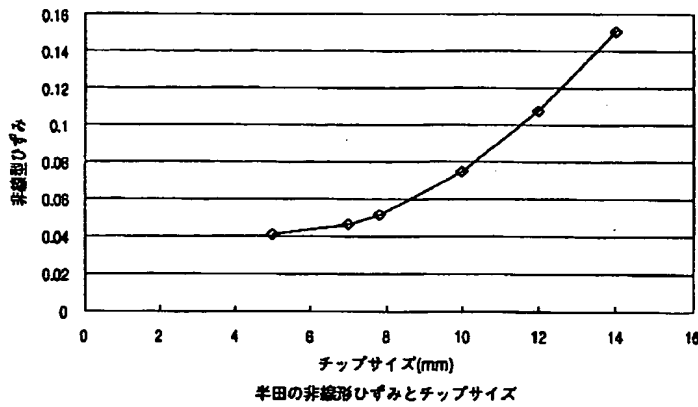
・【図18】



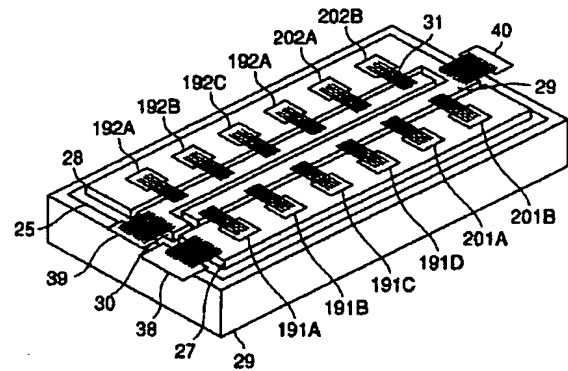
・【図3】



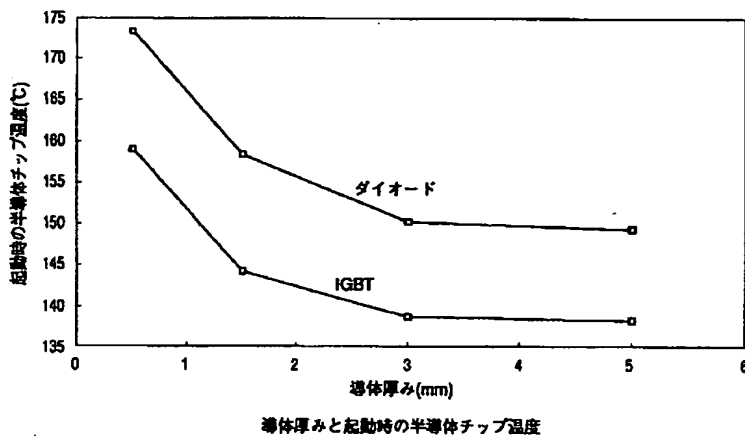
・【図2】



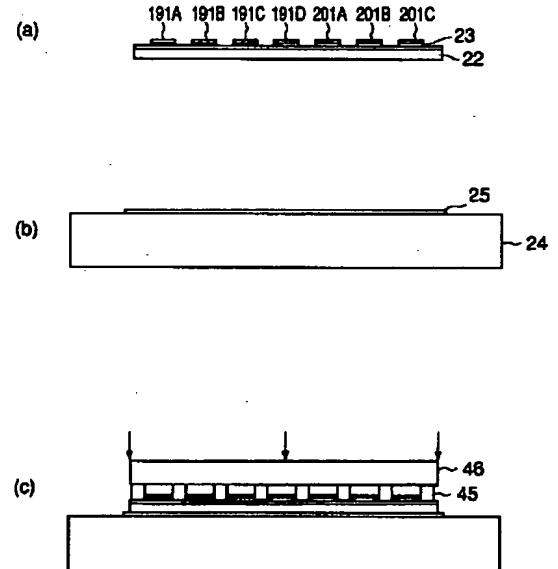
・【図7】



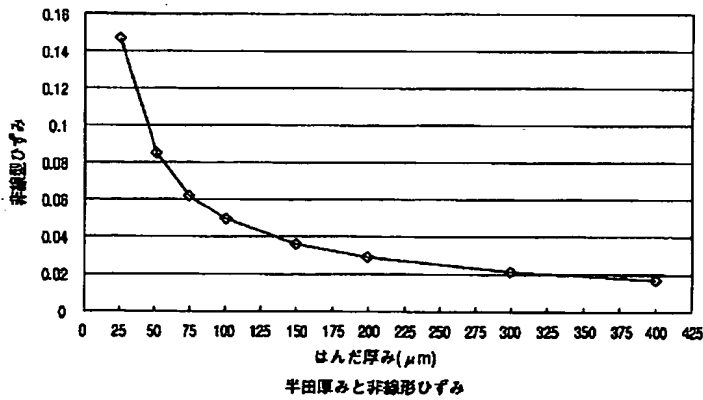
・【図4】



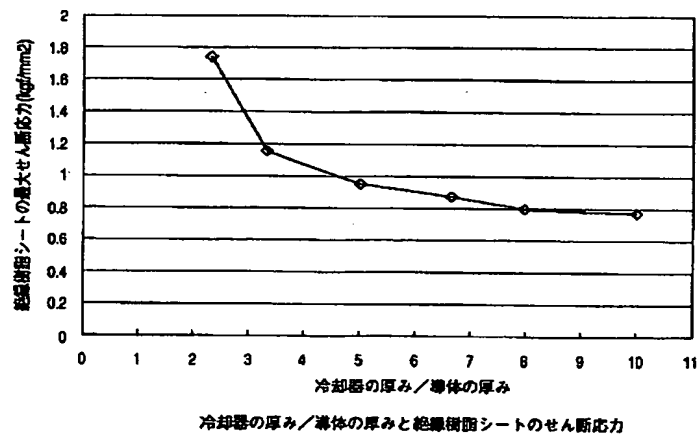
・【図15】



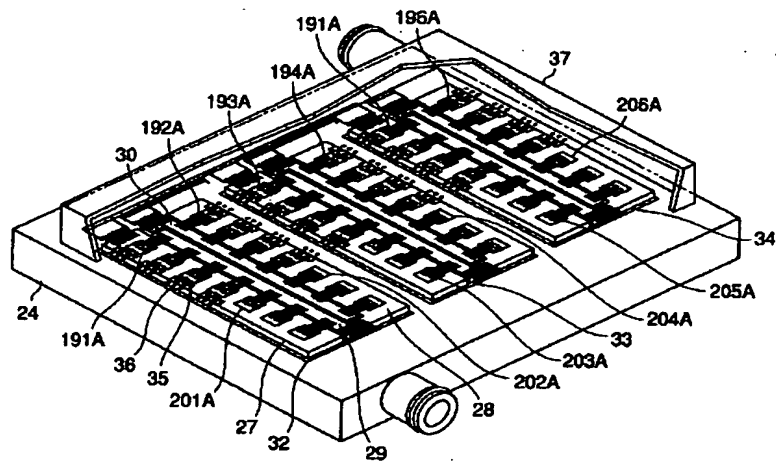
・【図5】



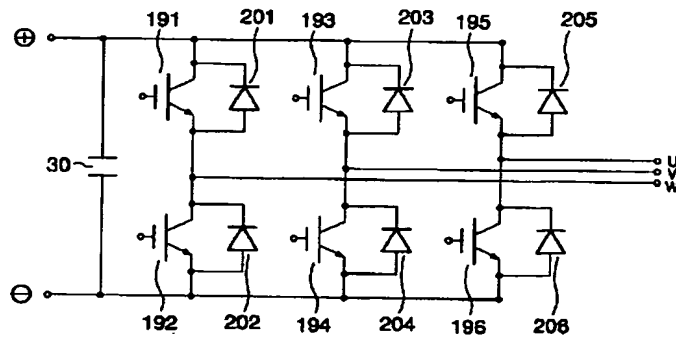
・【図6】



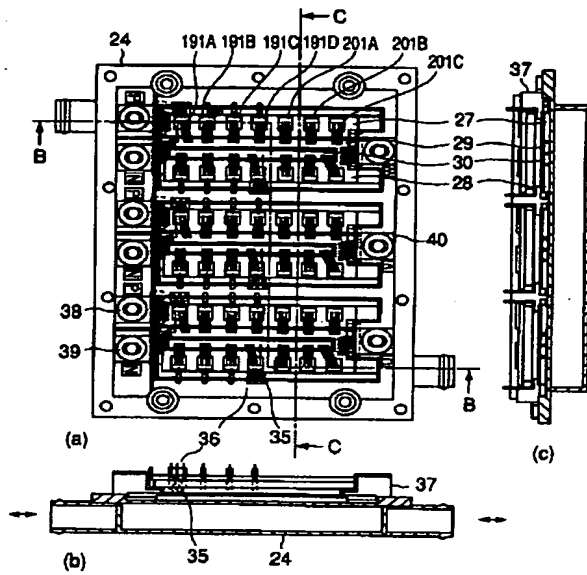
・【図8】



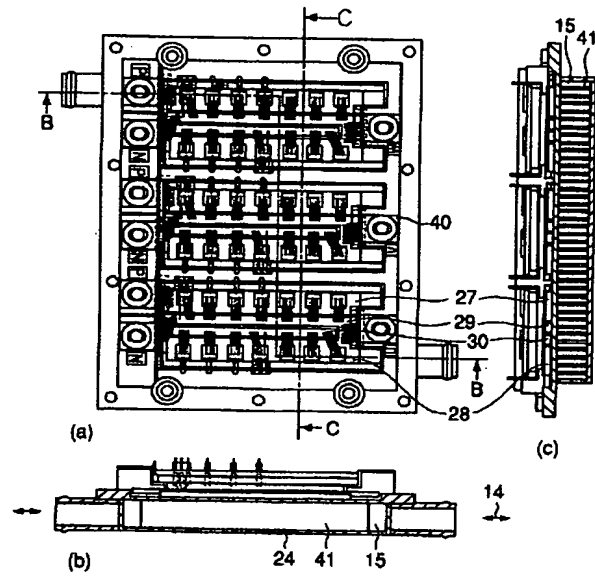
・【図10】



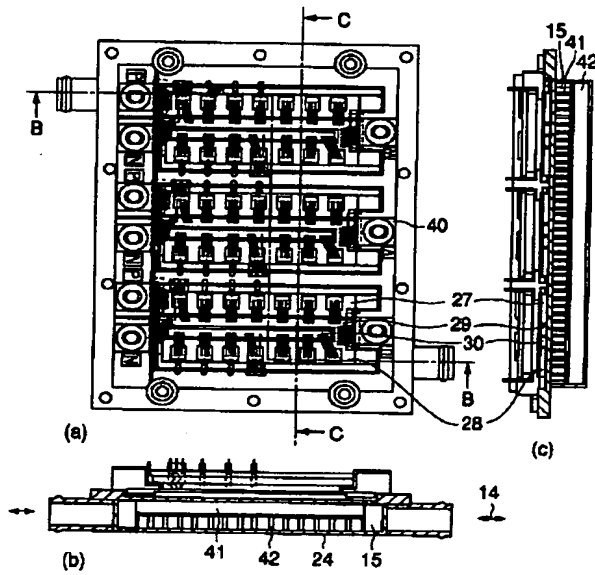
・【図 9】



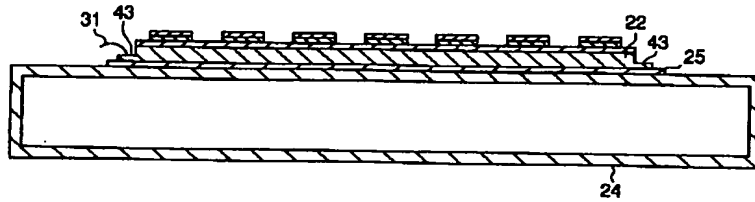
・【図 11】



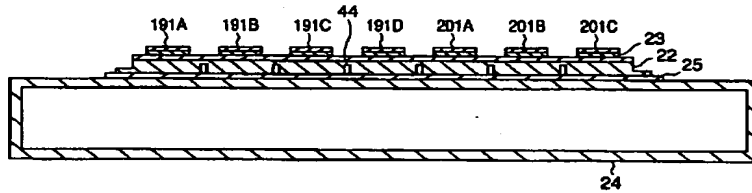
・【図 12】



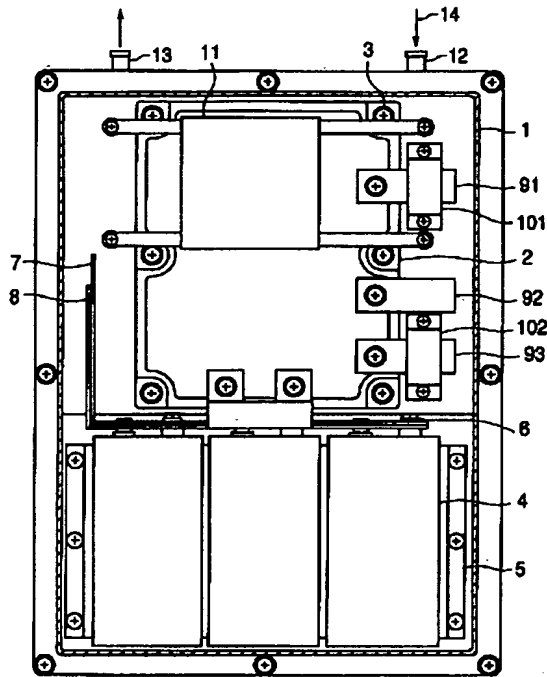
・【図 13】



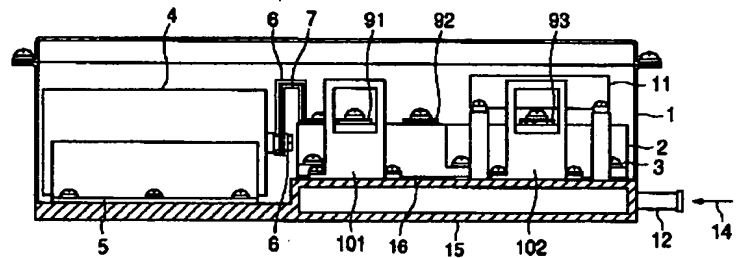
・【図 14】



・【図 16】



・【図 17】



フロントページの続き

(72) 発明者 天野 敦史
 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 嶋根 岩夫
 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 檀上 靖之
 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 齋藤 重一
 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
 社本田技術研究所内

(72) 発明者 大部 利春
 東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
 府中事業所内
 (72) 発明者 田多 伸光
 東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
 府中事業所内
 (72) 発明者 関谷 洋紀
 東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
 府中事業所内

F ターム (参考) 5F036 AA01 BA05 BA24 BB01 BB05
 BB21 BC05 BC06 BC23
 5H007 AA03 CA01 CB04 CB05 CC03
 CC23 HA04 HA05 HA06